

PROSES PEMBUATAN SERAT MIKROBIAL (NATA) DARI LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT

PROCESS OF PRODUCING MICROBIAL FIBER (NATA) FROM PALM OIL MILL EFFLUENT

Sarono^{*}, Zulfahmi, dan Syamsu Akmal

Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung
Kampus Polinela Jl. Soekarno Hatta No 10 Rajabasa, Bandar Lampung
Email saronotipb@yahoo.com

Makalah: Diterima 12 Agustus 2015; Diperbaiki 21 Januari 2016; Disetujui 1 Februari 2016

ABSTRACT

*Processing palm oil fruit into crude palm oil (CPO) produces liquid waste (palm oil mill effluent = POME) in large quantities. Besides potential as an environmental pollutant, POME also has a potential as a source of microbial fibers. The objectives of this study were to determine the formulation of the addition of coconut water into POME in the production of microbial fiber (nata) and to determine the right timing for inoculation of *Acetobacter xylinum* in the production of microbial fiber (nata). The first factor was the time of keeping the POME, with a level of 7 days, 14 days, and 21 days. The second factor was the addition of coconut water with a level of 0%, 10%, 20%, 30%, and 40% of the total POME. The results of the study were the addition of coconut water into POME to a concentration of 40% was able to increase the thickness and fiber yield of microbial (nata), *Acetobacter xylinum* was able to grow on media of 100% POME, and keeping the POME up to 21 days could decrease the thickness and yield of wet microbial fibers (nata), but increase the microbial yield of dry fiber (nata) generated.*

Keywords: CPO, microbial fibers, nata, POME

ABSTRAK

Pengolahan buah kelapa sawit menjadi *crude palm oil* (CPO) menghasilkan limbah cair (limbah cair pabrik kelapa sawit = LCPKS) dalam jumlah besar. Disamping berpotensi sebagai pencemar lingkungan, LCPKS juga memiliki potensi sebagai sumber serat mikrobial. Tujuan penelitian ini adalah penentuan formulasi penambahan air kelapa ke dalam LCPKS dalam pembuatan serat mikrobial (*nata*) dan penentuan waktu yang tepat untuk inokulasi *Acetobacter xylinum* pada pembuatan serat mikrobial (*nata*). Faktor pertama adalah waktu simpan LCPKS, dengan taraf 7 hari, 14 hari, dan 21 hari. Faktor kedua adalah penambahan air kelapa dengan taraf 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari total LCPKS. Kesimpulan hasil penelitian adalah (1) penambahan air kelapa ke dalam LCPKS sampai konsentrasi 40% mampu meningkatkan ketebalan dan rendemen serat mikrobial (*nata*), (2) *Acetobacter xylinum* mampu tumbuh pada media 100% LCPKS, (3) Penyimpanan LCPKS sampai 21 hari mampu menurunkan ketebalan dan rendemen basah serat mikrobial (*nata*), tetapi meningkatkan rendemen kering serat mikrobial (*nata*) yang dihasilkan.

Kata kunci: CPO, LCPKS, nata, serat mikrobial

PENDAHULUAN

Dewasa ini, komoditi hasil pertanian yang paling penting bagi Indonesia adalah kelapa sawit. Di samping sebagai sumber devisa, perkebunan kelapa sawit juga menjadi sumber penghidupan. Pada tahun 2010, jumlah tenaga kerja langsung yang tertampung dalam usaha kelapa sawit mencapai 4,6 juta jiwa. Pada tahun 2011, devisa negara yang diperoleh dari ekspor produk minyak kelapa sawit dan turunannya mencapai US\$ 17.253 juta (Ditjen Perkebunan, 2012).

Proses pengolahan kelapa sawit menjadi *crude palm oil* (CPO) menghasilkan limbah cair (limbah cair pabrik kelapa sawit = LCPKS) dalam jumlah besar. LCPKS yang dihasilkan untuk setiap ton produksi CPO adalah 2,5-3 ton (Wu *et al.*, 2010) atau 1,5 m³ (Kongnoo *et al.*, 2012). Hasil samping

proses produksi tersebut berasal dari air kondensat rebusan 36% (150-175 kg/ton TBS), air *drab* klarifikasi 60% (350-450 kg/ton TBS) dan air hidrosiklon 4% (100-150 kg/ton TBS). Perkiraan jumlah LCPKS yang dihasilkan di Indonesia adalah setiap ton CPO menghasilkan 3 ton LCPKS (Ditjen Perkebunan, 2012).

Karakteristik LCPKS segar menunjukkan bahwa LCPKS mempunyai kandungan *chemical oxygen demand* (COD) 40,000–100,000 mg/L; *biological oxygen demand* (BOD) 25,000–65,000 mg/L; total padatan 26,5-45,4 g/L dan TSS 17,1-35,9 g/L (Mahajoeno *et al.*, 2008). Penelitian lain menunjukkan bahwa LCPKS mempunyai tingkat keasaman (pH) yang tinggi (4-5) dan tinggi kandungan bahan organiknya (Zinatizadeh *et al.*, 2006). LCPKS merupakan sumber pencemar yang

^{*}Penulis untuk korespondensi

dapat memberikan dampak serius bagi lingkungan (Lam dan Lee, 2011).

Dari data tersebut terlihat bahwa disamping berpotensi sebagai pencemar lingkungan, LCPKS juga memiliki potensi sebagai sumber serat mikrobal. Menurut Halib *et al.* (2012), limbah hasil pertanian terutama polisakarida yang mengandung total padatan tinggi melalui proses fermentasi dapat diubah menjadi monosakarida selanjutnya dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum* dapat disintesa menjadi serat mikrobal (nata).

Dewasa ini penelitian tentang pemanfaatan serat mikrobal (nata) terus berkembang pesat. Sifat fisik unik selulosa yang berasal dari bakteri ini antara lain adalah memiliki kemurnian tinggi, kristalinitas, kekuatan mekanik, dan porositas yang tinggi serta memiliki kapasitas dalam menyerap air yang cukup besar dan mudah terurai (Pecoraro *et al.*, 2012). Sifat-sifat inilah yang membuat serat *nata de coco* berpotensi untuk dikembangkan lebih jauh bukan hanya sebagai bahan olahan makanan atau minuman, tetapi juga dapat digunakan untuk industri-industri penting seperti industri pembuatan diafragma transduser untuk *speaker* dan *headphone*, bahan pencampur dalam industri kertas, produksi karbon film elektrokonduktif (Iskandar *et al.*, 2010), alat optik, dan bahan-bahan untuk keperluan biomedis (Pecoraro *et al.*, 2012), membran mikrofilter (Puspitasari dan Radiman, 2012), material biosensor (Mulyono *et al.*, 2012), komposit sebagai bahan pembuat layar komputer atau layar televisi (Pecoraro *et al.*, 2012).

Penelitian tentang pencarian bahan baku baru (*new material*) sebagai sumber serat terus dilakukan, terutama dari limbah hasil pertanian. Salah satu limbah hasil pertanian yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah LCPKS. LCPKS yang kaya akan bahan organik dengan proses fermentasi akan diubah menjadi gula monomer. Glukosa dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum* diubah menjadi serat mikrobal (Esa *et al.*, 2014). Titik kritis proses konversi LCPKS menjadi serat mikrobal adalah waktu hidrolisis (konversi makromolekul menjadi glukosa) dan fermentasi (konversi glukosa menjadi biomasa/serat). Waktu yang terlalu cepat mengakibatkan glukosa belum terbentuk, sehingga dihasilkan serat sedikit. Demikian juga sebaliknya, waktu yang terlalu lama mengakibatkan glukosa yang terbentuk berubah menjadi CO₂ dan H₂O (Montealegre *et al.*, 2012).

Pembentukan serat mikrobal juga sangat tergantung dari komposisi media yang digunakan. Diketahui formulasi media yang tepat akan menghasilkan serat yang cepat dan padat (Nugroho dan Aji, 2015). Oleh karena itu perlu dikaji tahap kritis pembuatan serat mikrobal yaitu waktu yang tepat untuk inokulasi *Acetobacter xylinum* dan formulasi campuran media untuk pertumbuhannya.

Penelitian ini sangat penting bagi Indonesia. Selain akan meningkatkan daya saing industri kelapa

sawit nasional juga akan memperbaiki citra industri kelapa sawit Indonesia yang ramah lingkungan. Dewasa ini Indonesia merupakan produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Produksi dan luas arealnya telah melampaui Malaysia. Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) tahun 2011 mencapai 23,522 juta ton dengan luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 8,993 juta hektar (Ditjen Perkebunan, 2012). Di samping itu, melalui penelitian ini diharapkan diperoleh alternatif bahan baku baru (*new material*) dalam produksi serat mikrobal.

Tujuan Penelitian adalah : (1) Penentuan formulasi penambahan air kelapa ke dalam LCPKS dalam pembuatan serat mikrobal (nata) dan (2) Penentuan waktu yang tepat inokulasi *Acetobacter xylinum* pada pembuatan serat mikrobal (nata) dari LCPKS.

METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan di Lab. THP dan Pilot Plant Politeknik Negeri Lampung mulai Bulan Agustus sampai Desember 2014. Bahan yang digunakan adalah limbah cair pabrik kelapa sawit, air kelapa, bibit *nata de coco* (*Acetobacter xylinum*), gula pasir, pupuk ZA, asam asetat glasial $\pm 96\%$ v/v. Peralatan yang digunakan adalah gelas, panci pemasak, kompor gas, kertas koran, saringan, karet gelang, pengaduk, *beaker glass* 1000 mL, *beaker glass* 100 mL, thermometer, jangka sorong, dan pH meter.

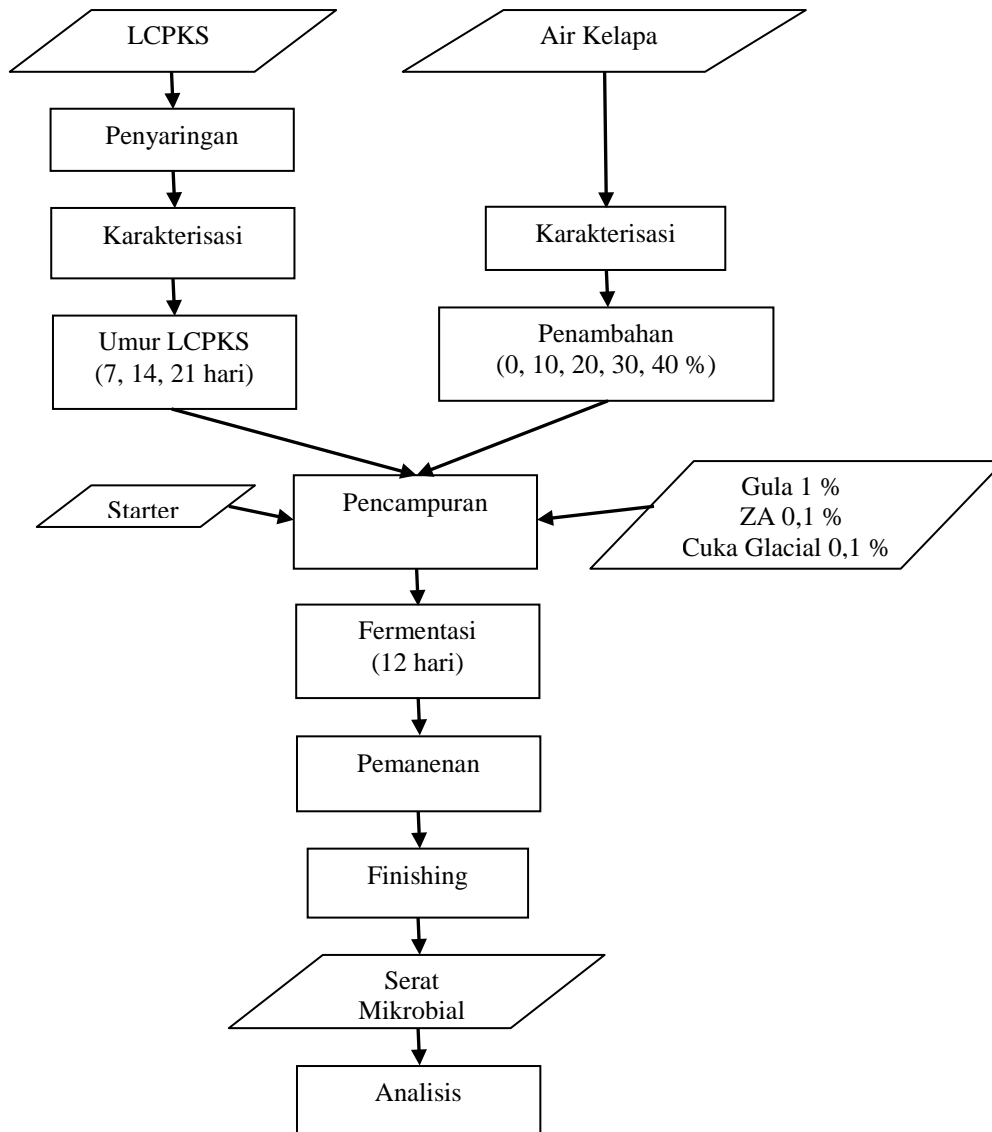
Pelaksanaan penelitian diawali dengan analisis bahan baku (LCPKS dan air kelapa), yang meliputi kadar gula total (AOAC, 1995), TSS (AOAC, 1995), dan pH. Analisis dilakukan 3 kali ulangan dan hasilnya dirata-ratakan. Selanjutnya penelitian utama dilakukan dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 3 ulangan. Faktor dalam penelitian adalah umur simpan LCPKS, dengan taraf 7 hari, 14 hari, dan 21 hari penyimpanan LCPKS. Faktor kedua adalah penambahan air kelapa dengan taraf 0%, 10%; 20%; 30%; dan 40% dari total LCPKS. Data dianalisis dengan sidik ragam pada taraf nyata 1%. Parameter pengamatan produk yang dihasilkan meliputi : ketebalan lapisan *nata*, rendemen basah, kadar air *nata*, tingkat keasaman (pH). Diagram alir pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Proses fermentasi dilakukan didalam gelas kaca dengan volume 300 mL. Suhu fermentasi 29-30°C (suhu ruang). Jumlah starter yang digunakan seragam yaitu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Baku (LCPKS dan Air Kelapa)

Tujuan analisis bahan baku adalah untuk mendapatkan kondisi awal bahan baku yang akan digunakan untuk penelitian utama. Hasil analisis air kelapa dan LCPKS dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan penelitian

Tabel 1. Hasil analisis air kelapa dan LCPKS

Parameter	Air Kelapa	LCPKS
Kadar gula total (%)	2,09 ± 0,08	0,14 ± 0,018
TSS (%)	4,20 ± 0,19	4,08 ± 0,68
pH	4,74 ± 0,24	4,59 ± 0,30

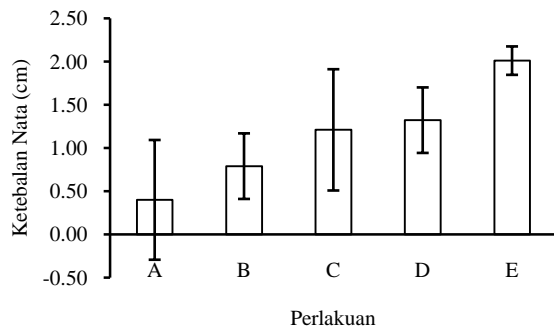
Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar gula air kelapa dan LCPKS berturut-turut adalah 1,49% dan 0,14%. Kadar gula tersebut diharapkan cukup untuk kebutuhan awal pertumbuhan *Acetobacter xylinum*. Kebutuhan gula berikutnya diharapkan berasal dari konversi TSS LCPKS menjadi gula, sehingga konversi ini sekaligus penurunan TSS pada LCPKS. Dari kedua tabel tersebut juga terlihat pH air kelapa dan LCPKS dibawah 5,00, kondisi ini merupakan kondisi optimum pertumbuhan *Acetobacter xylinum*.

Ketebalan Serat Mikrobial

Pengukuran ketebalan serat mikrobial (*nata*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah *Acetobacter xylinum* (mikroba penghasil serat mikrobial) mampu tumbuh dan berkembang pada media yang digunakan. Semakin tebal serat mikrobial yang dihasilkan dapat diartikan bahwa media yang digunakan semakin baik untuk tumbuh dan berkembangnya *Acetobacter xylinum*. Cara yang digunakan untuk mengukur ketebalan serat mikrobial (*nata*) basah adalah dengan menggunakan jangka sorong pada lima titik dan hasilnya dirata-ratakan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan air kelapa sampai 40% mampu meningkatkan ketebalan serat mikrobial yang dihasilkan (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa LCPKS miskin akan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan *Acetobacter xylinum*. Menurut Esa et

al. (2014), media yang paling sesuai untuk pembentukan serat oleh *Acetobacter xylinum* adalah air kelapa



Keterangan :

Perlakuan A : Air kelapa 0% dan LCPKS 100%

Perlakuan B : Air kelapa 10% dan LCPKS 90%

Perlakuan C : Air kelapa 20% dan LCPKS 80%

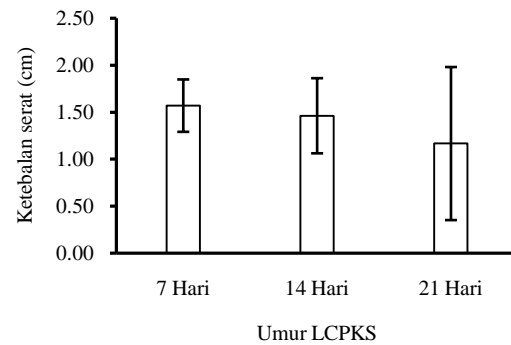
Perlakuan D : Air kelapa 30% dan LCPKS 70%

Perlakuan E : Air kelapa 40% dan LCPKS 60%

Gambar 2. Pengaruh perlakuan terhadap ketebalan serat mikrobial

Hasil penelitian menunjukkan bahwa umur simpan LCPKS sampai 21 hari berpengaruh terhadap ketebalan serat mikrobial yang dihasilkan. Semakin lama umur simpan LCPKS semakin menurunkan ketebalan serat mikrobial yang dihasilkan (Gambar 3). Pada penyimpanan LCPKS 7 hari dihasilkan ketebalan serat mikrobial 1,57 cm dan penyimpanan LCPKS 21 hari menghasilkan ketebalan serat mikrobial 1,17 cm. Hal ini diduga bahwa semakin lama penyimpanan LCPKS menyebabkan terjadinya perubahan yang ada pada LCPKS tersebut. Hasil pengamatan secara visual menunjukkan warna LCPKS yang baru berwarna

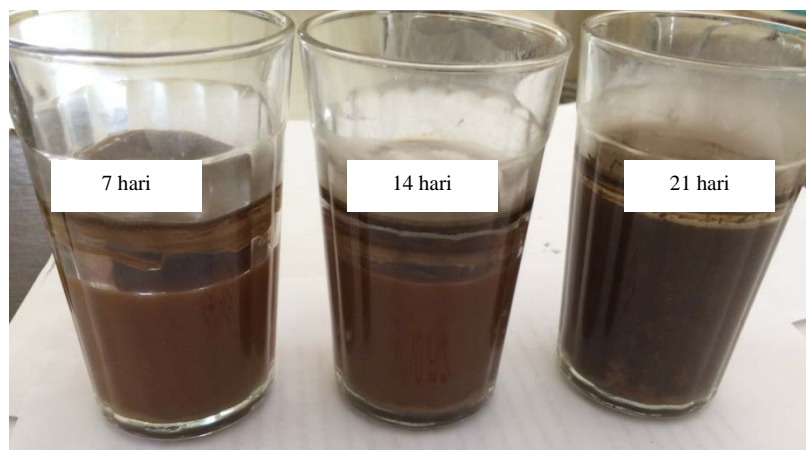
coklat susu, sedangkan setelah disimpan 21 hari warnanya menjadi lebih gelap dan berbau tidak sedap, seperti pada Gambar 4.



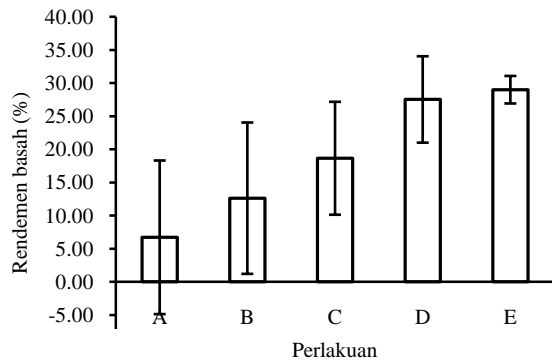
Gambar 3. Pengaruh umur simpan LCPKS terhadap ketebalan serat mikrobial

Rendemen Serat Mikrobial Basah

Rendemen serat mikrobial basah menunjukkan produksi serat basah yang dihasilkan dalam g dibagi jumlah media yang digunakan dalam mL. Semakin tinggi rendemen serat mikrobial menunjukkan semakin tinggi tingkat kesesuaian media yang digunakan dengan *Acetobacter xylinum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan air kelapa sampai 40% mampu meningkatkan rendemen serat mikrobial yang dihasilkan (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan air kelapa dapat meningkatkan kecepatan pertumbuhan *Acetobacter xylinum*. Hal ini disebabkan oleh air kelapa merupakan media yang sangat cocok untuk pertumbuhan *Acetobacter xylinum* (Esa et al., 2014).

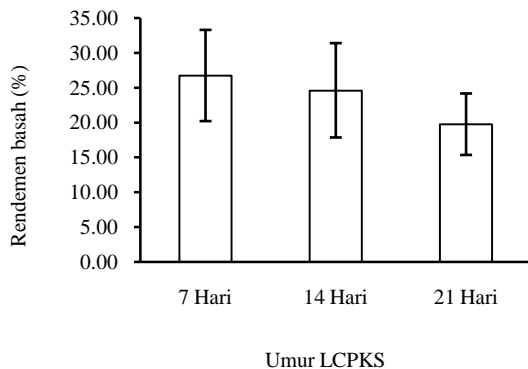


Gambar 4. Perubahan warna LCPKS selama penyimpanan



Gambar 5. Pengaruh perlakuan terhadap rendemen serat mikrobial

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa umur simpan LCPKS berpengaruh terhadap rendemen serat mikrobial yang dihasilkan. Semakin lama umur simpan LCPKS semakin menurunkan rendemen serat mikrobial yang dihasilkan (Gambar 6).



Gambar 6. Pengaruh umur simpan LCPKS terhadap rendemen basah serat mikrobial

Tingkat Keasaman Media (pH)

Tingkat keasaman (pH) media merupakan parameter penting dalam fermentasi pembentukan serat mikrobial oleh bakteri *Acetobacter xylinum* (Nugroho dan Aji, 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan menghasilkan tingkat keasaman (pH) media yang sama yaitu pada kisaran 5,0-5,4. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan serat mikrobial (*nata*) oleh *Acetobacter xylinum* tidak dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH) media, tetapi dipengaruhi oleh komposisi media yang digunakan.

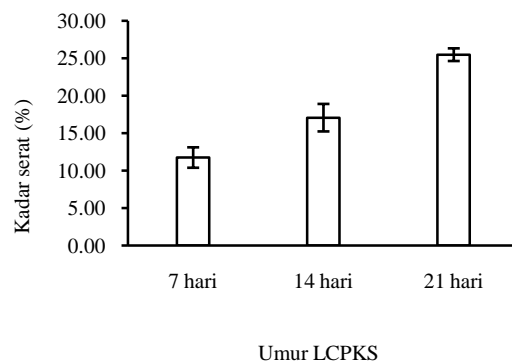
Kadar Air

Pengujian kadar air serat mikrobial dilakukan setelah nata dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari selama 3 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perlakuan tidak mempengaruhi terhadap kadar air yang dikandung serat mikrobial (*nata*) yaitu sekitar 11,55% sampai 17,26%. Kisaran kadar air sampel tersebut

menunjukkan bahwa di dalam sampel serat mikrobial tidak semua air didalamnya menghilang. Hal ini mengakibatkan serat mikrobial (*nata*) memiliki tekstur lentur dan tidak mudah patah (fleksibel dan tidak mudah patah).

Kadar Serat

Pengujian kadar serat dilakukan terhadap perlakuan yang menghasilkan rendemen dan ketebalan serat mikrobial tertinggi, yaitu sampel dengan perlakuan penambahan air kelapa 40% dengan umur LCPKS 7 hari, 14 hari, dan 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama umur LCPKS dapat menghasilkan kadar serat semakin tinggi (Gambar 7). Dari hasil uji kadar serat dapat dilihat bahwa kadar serat mengalami peningkatan seiring peningkatan umur LCPKS. Berturut-turut pada Umur Simpan LCPKS 7, 14 dan 21 hari kadar seratnya adalah 11,73%; 17,05%; dan 25,46%. Menurut Shi *et al.* (2013) pembentukan serat oleh mikroorganisme akan terus terjadi selama nutrient dan kondisi lingkungan masih memungkinkan.



Gambar 7. Pengaruh umur simpan LCPKS terhadap rendemen kering serat mikrobial

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penambahan air kelapa ke dalam LCPKS sampai konsentrasi 40% mampu meningkatkan ketebalan dan rendemen serat mikrobial (*nata*) yang dihasilkan. Umur Simpan LCPKS sampai 21 hari ternyata menurunkan ketebalan dan rendemen serat mikrobial (*nata*) basah yang dihasilkan, tetapi mampu meningkatkan rendemen kering serat mikrobial (*nata*) yang dihasilkan.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang perubahan makromolekul (lemak, protein, dan polisakarida) menjadi glukosa pada LCPKS sebelum fermentasi pembuatan serat mikrobial.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. Arlington, VA.
- Ditjen Perkebunan. 2012. Statistik Perkebunan Indonesia 2011. Ditjen Perkebunan Deptan. Jakarta.
- Esa F, Tasirin SM, dan Rahman AN. 2014. Overview of bacterial cellulose production and application. *Agric and Agricul Sci Procedia*. 2 (11):113 – 119.
- Halib N, Iqbal MC, Amin M, Ahmad I. 2012. Physicochemical properties and characterization of *nata de coco* from local food industries as a source of cellulose. *Sains Malaysiana*. 41(2): 205–211.
- Iskandar ZM, Mulyati S, Fathanah U, Sari I, Juchairawati. 2010. Pembuatan film selulosa dari nata de pina. *J Rekayasa Kim Lingk*. 7 (3):105-111.
- Kongnoo A, Suksaroj T, Intharapat P, Promtong T, Suksaroj C. 2012. Decolorization and organic removal from palm oil mill effluent by Fenton's process. *Environ Eng Sci*. 29 (9) : 855–859.
- Lam MK dan Lee KT. 2011. Renewable and sustainable bioenergies production from palm oil mill effluent (POME): Win-win strategies toward better environmental protection. *Biotechnol Adv J*. 29 (2):124-14.
- Mahajoeno E, Lay BW, Sutjahjo SH, Siswanto. 2008. Potensi limbah cair pabrik minyak kelapa sawit untuk produksi biogas. *J Biodiversitas*. 9 (1):48-52.
- Mulyono T, Asnawati, Noviandri I, Buchari. 2007. The Use Of Nata De Coco Membrane As Biosensor Material. *J Ilmu Dasar*. 8: 12(2): 8-134.
- Montealegre CM, Dionisio ER, Sumera LV, Jay RT, Adolacion JRT, De Leon RL. 2012. Continuous bioethanol production using *Saccharomyces cerevisiae* cells immobilized in nata de coco (biocellulose). 2nd International Conference on Environment and Industrial Innovation IPCBEE. IACSIT Press Singapor. p.35.
- Nugroho DA dan Aji P. 2015. Characterization of nata de coco produced by fermentation of immobilized *Acetobacter xylinum*. *Agric and Agricul Sci Procedia*. 3 (2) : 278 – 282.
- Pecoraro E, Manzani D, Messaddeq Y, Ribeiro SJL. 2012. Bacterial cellulose from *Glucanacetobacter xylinus*. *Polym Compos J*. 17 (3): 369–383.
- Puspitasari T dan Radiman CL. 2012. Study of graft copolymerization of acrylic acid onto nata de coco and its application as microfiltration membrane. National Nuclear Energy Agency, Centre for the Application of Isotopes and Radiation Technology. Jakarta.
- Shi ZJ, Zhang Y, Phillips GO, Yang G. 2013. Review utilization of bacterial cellulose in food. *Food Hydrocol*. 30 (4) : 1-7.
- Wu TY, Abdul WM, Jamaliah MJ, Nurina A. 2010. Pollution control technologies for the treatment of palm oil mill effluent (POME) Through end-of-Pipe Processes. *J Environ Mgmt*. 9 (4):1467-1490.
- Zinatizadeh AAL, Mohamed AR, Abdullah AZ, Mashitah MD, Hasnain IM, Najafpour GD. 2006. Process modeling and analysis of palm oil mill effluent treatment in an up-flow anaerobic sludge fixed film bioreactor using response surface methodology (RSM). *Water Res*. 40 (17): 3193–3208.